

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 26-118

補助事業名 平成26年度有機廃棄物燃料自動車に資する円筒型MFC開発補助事業

補助事業者名 大阪府立大学工業高等専門学校機械システムコース 杉浦 公彦

1 研究の概要

本申請事業は、食品廃物などの有機廃棄物を燃料として走る電気自動車「デロリアン」の開発を行うために、ガス化熔融塩炉内に設置できる円筒型熔融炭酸塩形燃料電池（tube-MFC）の開発を目指す。これまで開発されてきたMFCは平板型電極を数百枚積層することで大電力を発生できるものとなっていた。しかし、平板型では熔融塩ガス化炉の中には入れることはできず、車に乗せるなどのコンパクト化も実現不可能である。提案しているガス化一体型MFCでは、熔融塩をためた容器に鞘管上のMFCを数本挿入することでガス化部と発電部を一体化することができる。この円筒型MFCの内側にはカソード電極を塗布し、その上に電解質を充填するマトリックスを塗布、さらにその上にアノード電極を塗布することでMFCの単セルを作成する。この作成した円筒型MFCを熔融塩ガス化炉へ半浸漬させることで各電池構成材へ電解質充填を行う。これにより、熔融塩の液面からはMFCとして稼働し、液面の下は直接カーボン燃料電池（DCFC）として稼働することができる。このガス化一体型MFCへ有機廃棄物を投入すると、熔融塩ガス化で生成された水素やCOはMFC部燃料として、ガス化前の熔融塩中にある有機廃棄物はDCFC部で直接反応により発電を行うことができる。しかしながら、これまでに円筒型MFCの作成例はほとんどなく、さらにこの円筒型MFCを熔融塩炉へ応用した例は世界でもない。これまで原料スラリーをドクターブレードで平板化していた電池構成材を、原料スラリーをステンレス管へ塗布する円筒型MFC塗布装置を作成し、塗布方法、乾燥方法および焼結方法などを検討し、電池として機能できる様に作成方法を検討した結果、概ね電池構成材に割れが生じない作成方法を見出すことができた。また、円筒型MFCを電池評価できる円筒型MFC評価装置および高機能DCFCを見据えた評価装置を同時並行で作製し、装置としてのパック試験は終了した。しかし、円筒型MFCの発電までは至っておらず、今後、電解質含浸方法などを検討していく予定である。

2 研究の目的と背景

日本における食品廃棄物量は平成22年度で年間2086万トンであり、再利用されずに廃棄されるものは275万トンであり全体の18%程度となっている。しかし、最近急速に普及している外食産業やコンビニなどの食品小売業での再利用率はそれぞれ17%と37%であり、多くのエネルギー源が無駄に焼却あるいは埋設処分されている。一方、自動車に関してはハイブリット型が普及したとはいえ平成24年度でも20%程度であり、例え普

及率が上がったとしても、今後もガソリンやディーゼル燃料を使用せざるを得ないことには変わらない。そこで本研究では、これまで無駄に廃棄されてきた有機廃棄物を燃料とする電気自動車を現実化することを目指し、その心臓部であるガス化一体型MFCを開発する。提案しているガス化一体型MFCでは、熔融塩をためた容器に鞘管上のMFCを数本挿入することでガス化部と発電部を一体化させるが、これには円筒型MFCの開発が不可欠である。しかしながら、これまでに円筒型MFCの作成例はほとんどなく、さらにこの円筒型MFCを熔融塩炉へ応用した例は世界でもない。これまで原料スラリーをドクターブレードで平板化していた電池構成材を、原料スラリーをステンレス管へ塗布する円筒型MFC塗布装置を作成し、塗布方法、乾燥方法および焼結方法などを検討し、電池として機能できる様に作成方法を検討する。また、円筒型MFCを電池評価できる円筒型MFC評価装置および高機能DCFCを見据えた評価装置を同時並行で設計・作製し、これまでのMFCとの違いや問題点を抽出する。

3 研究内容

<http://www.ct.osakafu-u.ac.jp/~sugiura/>

① 円筒型MFC作成法の最適化

カソード側のガスを供給するための穴をあけた図1に示すステンレス管を図2に示す製作した円筒型MFC電池構成材塗布装置の左側のモータ軸に取り付け、図3に示すようにカソード電極スラリーを塗布し、カソード電極の乾燥・焼結を行った後に、マトリックスの塗布・乾燥、アノード電極の塗布・乾燥・焼結を行った。作成当初は、各工程で問題が発生したが、8月下旬の電力中央研究所の河瀬氏との会議（これを外部評価委員会とした）において、焼結時のガス雰囲気の変更や塗布方法の細かな改善点についての助言を受けることで、図4に示すように外観からはきれいな状態で円筒型MFCを作成することができ、その再現性も確認できた。

また、電解質の充填法は、図4で完成した円筒型MFCを電解質であるLi/K共晶塩が入った



図1 円筒型MCFC用ステンレス管

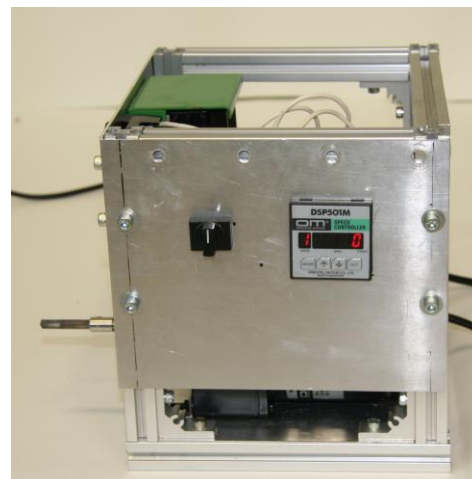


図2 円筒型MCFC電池構成材塗布装置

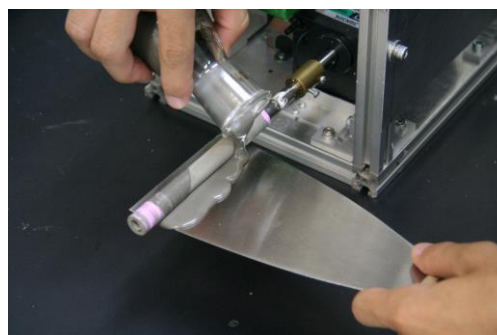


図3 カソード電極塗布風景



図4 最適化された円筒型MCFC作成法

セラミックボートに設置して、焼成炉にて各電池構成材へ充填を試みたが、発電に必要な量を充填することができなかった。そのため、図5に示すように完成した円筒型MCFCへ水で溶いた共晶塩を刷毛で塗布し、スタートアップ時に各電池構成材へ電解質を充填する方法を試みているが、開回路電圧が出るところまで至っていない。実験後の電極の状態から、反応管内に空気が入り込んでいる可能性が高いことから、②で作製した評価装置を現在改良中である。



図5 電解質を塗布した円筒型MCFC

② 円筒型MCFC特性評価

円筒型MCFCの性能評価装置については、図5で示す電解質が塗布された円筒型MCFCをステンレス管内へ挿入し、このステンレス反応管を図6で示すように電気炉で加熱することで円筒型MCFCを稼働させる。評価装置のパックテストは終了し、上記①で作製した円筒型MCFCを装填し、評価実験を行ったが、反応管内に空気が入り込んでいる可能性が高いことから評価装置を現在改良中である。



図6 円筒型MCFC評価装置

③ ガス化一体型MCFCの問題点抽出

ガス化一体型MCFC評価装置を平成27年1月7日から設計を開始し、図7に示すように3月上旬に完成した。これまでに、上記②と同様に円筒型MCFCを装填して稼働させたが、上記②と同様に、電氣的絶縁を取るために使用しているテフロン製フランジ部のシール性能が良好でないため、外部からの空気を巻き込んでアノード電極が参加してしまった。また、ガス供給装置などは既存のMCFC評価装置を使用していたが、ここにも問題が生じている可能性が見つかったため、現在、装置全体の改良を行っている。



図7 ガス化一体型MCFC評価装置

④ 外部評価委員会

当初予定では、産業技術総合研究所および電力中央研究所のMCF C研究者で構成する外部評価委員会を設ける予定であったが、現在は各研究所ともMCF Cの研究は実施していないために、メンバーになることはできないとの連絡があった。一昨年から、円筒型MCF Cの研究を始めている電力中央研究所の河瀬氏との打ち合わせを外部強化委員会として、研究の方向性や問題点の解決方法などを模索することにした。8月21日～22日で河瀬氏との打ち合わせによって、上述したように円筒型MCF C作成時の問題点の解決方法を見出せたと共に、研究の方向性も確認することができた。

また、2月5日に真空ポンプメーカーの荏原製作所精密カンパニーの木村氏を訪問し、高機能DCF Cの構造についての打ち合わせを行い、ステンレス反応管におけるシール構造などの助言を受けた。

さらに、2月6日には電力中央研究所の河瀬氏を訪問し、上記②、③で生じた問題点について議論し、スタートアップ時の昇温行程やガス組成などを変更氏は用が良いとの助言も受けた。これらの助言を、現在改良中の評価装置が完成した後に、試していく予定である。さらに、今後、熔融塩ガス化装置を追加し、高機能DCF Cとしての性能評価についても検討していく予定である。

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本助成事業における研究では、高機能ダイレクトカーボン燃料電池の心臓部である円筒型MCF Cの作成法を検討し、概ね作成法は決定したが、最適化が図れていないために発電まで至っていない。今後は、作成法の実最適化を図ることで、円筒型MCF Cの発電基本特性を取得すると共に、高機能ダイレクトカーボン燃料電池へ繋げていく予定である。

また、Energy & Materials Research Conference 2014にてポスター発表した際に、多くの研究者から面白い研究であることの評価はいただいております、高機能ダイレクトカーボン燃料電池が完成すれば、食品会社やレストラン・コンビニなどの食品廃棄物処理の問題を有する業界への貢献が可能となると考えている。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでの報告者の研究は、

- ① 熔融炭酸塩形燃料電池 (MCF C) における高性能化に関する研究、
- ② 熔融塩を用いた有機廃棄物のガス化システムの開発、
- ③ 固体高分子形燃料電池 (PEFC) における水管理に関する研究
- ④ 水素製造記述に関する研究

これらを軸に研究を進めてきており、今回の助成金で始めた研究は①と②を融合したものであり、これまでの研究の総まとめ的な位置づけであり、今後、10年をかけて進めていく研究の取っ掛かりになるものである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

これまでの高機能FCFC開発に伴う円筒型MCFCの製造について、Energy & Materials Research Conference 2015 in Madridにてポスター発表し、多くの研究者と問題点について議論を行うことができた。さらに、Proceedings of The Energy & Materials Research Conferenceへも投稿し、本研究の成果発表を行った。

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

- ① 円筒型MCFC用電池構成材塗布装置
- ② 円筒型MCFC用評価装置
- ③ 高機能DCFC用評価装置

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

国際学会資料 (Energy & Materials Research Conference 2015 in Madrid)
Rei Nakamoto and Kimihiko Sugiura、Development of High Functional Direct Carbon Fuel Cell with Molten Carbonate、Proceedings of The Energy & Materials Research Conference、p. 000、2015. 2.

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 大阪府立大学工業高等専門学校 機械システムコース（オオサカフリ
ツダイガクコウギョウコウトウセモンガッコウ キカイシステムコース）

住 所： 〒572-8572

大阪府寝屋川市幸町26-12

申 請 者： 教授 杉浦 公彦（スギウラ キミヒコ）

担 当 部 署： 岸田 秀介（キシダ シュウスケ）

E - m a i l : sugiura@osaka-pct.ac.jp

U R L : <http://www.ct.osakafu-u.ac.jp/~sugiura/>